



Schlussbericht

zu dem IGF-Vorhaben

***Untersuchungen zum Mechanismus des Spinning-Effektes bei der Herstellung
nassgelegter Vliesstoffe***

der Forschungsstelle(n)

Thüringisches Institut für Textil- u. Werkstoff-Forschung e. V.

Das IGF-Vorhaben 17354 BR der Forschungsvereinigung Textil wurde über die



im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Rudolstadt, den 28.02.2014

Ort, Datum

Carmen Knobelsdorf

Name und Unterschrift des/der Projektleiter(s)
an der/den Forschungsstelle(n)

<u>Gliederung</u>	<u>Seite</u>
1. Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung	1
2. Forschungsziel und angestrebte Forschungsergebnisse	1
3. Lösungsweg	2
4. Stand der Technik	3
5. Ergebnisse	6
5.1. Charakterisierung der ausgewählten Faserstoffe	6
5.2. Charakterisierung der Dispergiereigenschaften	8
5.3. Verarbeitungsversuche auf der Nassvliesanlage	8
5.3.1. Verarbeitungsversuche mit Viskose- und Lyocellfasern	9
5.3.2. Verarbeitungsversuche mit Polyesterfasern	10
5.3.3. Gegenüberstellung Viskose – Lyocell - Polyester	11
5.3.4. Verarbeitungsversuche mit Bindefasern	13
5.3.5. Untersuchungen zum Mechanismus des Spinning-Effektes bei der Verarbeitung überlanger Fasern	14
5.3.6. Einfluss der Fasercharakteristik auf die resultierenden Vlieseigenschaften	15
6. Zusammenfassung der erreichten Ergebnisse und Gegenüberstellung mit der Zielstellung	17
7. Experimentelles	18
7.1. Verarbeitungsversuche auf der Nassvliesanlage	18
7.2. Vliesverfestigung	18
7.3. Faser- und Vliesprüfung	19
8. Wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsvorhabens für kleine und mittlere Unternehmen	19
8.1. Nutzen der Ergebnisse für für kleine und mittlere Unternehmen	19
8.2. Möglicher Beitrag zur Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der KMU	19
9. Fortgeschriebener Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft	21
10. Notwendigkeit und Angemessenheit der Anschaffung von Geräten und des eingesetzten Materials	22
11. Danksagung	24
12. Literaturverzeichnis	25

1. Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Nassvliesstoffe werden durch Filtration einer Faser/Wasser-Suspension auf einem Siebband gebildet. Es ist die besondere Produktcharakteristik, wie hohe Gleichmäßigkeit, glatte Vliesoberfläche und hohe Dichte und Festigkeit und der effiziente Herstellungsprozess (hoher Materialdurchsatz und hohe Produktionsgeschwindigkeiten), die das Verfahren der Nassvliesherstellung für viele Anwendungen attraktiv macht.

Nassvliesstoffe bestehen in aller Regel zu hohen Anteilen aus Zellstoff-Pulpe. Zur Erhöhung der mechanischen Kennwerte und der Verbesserung der Gebrauchseigenschaften werden Anteile von Cellulose regeneratfasern und Synthefasern zugesetzt. Auch zur permanenten Vliesausrüstung, z. B. zur Erzeugung antimikrobieller, staubbindender oder antistatischer Eigenschaften, werden funktionalisierte Fasern hinzugefügt.

Der Einsatz von beliebig hohen Anteilen an Cellulose- oder Synthefasern in der Zellstoff/Wasser-Suspension ist jedoch wegen des Spinning-Effektes begrenzt. Unter Spinning-Effekt versteht man das Zusammenlagern von einzelnen Fasern zu Faserbündeln (auch als Verspinnungen bezeichnet) in der Faser/Wasser-Suspension, die zu sichtbaren Knoten und damit zu einer gestörten Vliesoptik und inhomogenen Vlieseigenschaften führen. Um diesem Effekt entgegen zu wirken, sind nur begrenzte Faserlängen (üblich sind 3 bis 12 mm) und geringe Faserstoffkonzentrationen in der Stoffsuspension möglich und damit die Vlieseigenschaften limitiert.

Der Trend zum Einsatz immer feinerer Fasern, um auf diesem Weg die Anzahl der Fasern pro Fläche zu erhöhen, aber gleichzeitig aus Kostengründen den prozentualen Anteil der Verstärkungs- und Funktionsfasern zu senken, erhöht das Risiko von Verspinnungen zusätzlich, da geringere Faserdurchmesser mit einer geringeren Fasersteifigkeit einhergehen und damit die Fasern leichter knicken und miteinander verhaken bzw. verschlingen. Um der geringeren Fasersteifigkeit entgegen zu wirken, muss die Faserlänge entsprechend angepasst, d. h. verkürzt werden, um Verspinnungen zu vermeiden. Das Auftreten von Verspinnungen in der Faser/Wasser-Suspension stellt aber nicht nur einen Qualitätsmangel dar, sondern limitiert durch den begrenzten Anteil an Langfasern im Vlies auch die Vlieseigenschaften.

2. Forschungsziel und angestrebte Forschungsergebnisse

Die Ursachen und die Einflussgrößen, die den Spinning-Effekt hervorrufen, sind jedoch nur unzureichend bekannt. Zur Aufklärung der Mechanismen, die zum Spinning-Effekt führen, ist ein fachgebietsübergreifendes Wissen zu den Dispergiereigenschaften der eingesetzten Faserstoffe, der Wirkungsweise von Faserpräparationen auf die Verteilung der Fasern in der Suspension, den Effekten von Dispergierhilfsmitteln bei der Faserstoffaufbereitung, dem Einfluss des Verfahrens zur Kurzschnittherstellung und der Schnittqualität, der Art der Faseraufbereitung auf die Zerlegung der Faserbündel in Einzelfasern sowie den Konstruktionsmerkmalen und Maschinenkomponenten der Schrägsiebzanlage erforderlich. Die Vielzahl der Einflussfaktoren und die Komplexität des Zusammenwirkens all dieser Einflussgrößen sind für den Faserproduzenten, den Hersteller von Faserkurzschnitten, den Maschinenbauer und Vliesstoffhersteller nur schwer zu erfassen und nachzuvollziehen. Auf das Gesamtspektrum möglicher Einflussgrößen kann er außerdem nur sehr eingeschränkt reagieren.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es deshalb, die Einflussgrößen selbst und deren Wirkung auf das Auftreten des Spinning-Effektes umfassend und systematisch zu untersuchen. Aus den Untersuchungen zum Einfluss der Faserparameter Feinheit, Länge, Querschnitt, Profil und Biegesteifigkeit sollen Abhängigkeiten zum Auftreten des Spinning-Effektes erstellt und die kritische Faserlänge, bis zu der eine fehlerfreie Verarbeitung zum Nassvlies erfolgen kann, für die wichtigsten Faserstoffe wie Viskose, PES, PP und PES-Copolymere ermittelt werden. Daraus sollen für den Vliesstoffhersteller Zielparame-

ter und Empfehlungen für die Faserauswahl formuliert werden, die eine gute Formation der Fasern unter den Prozessbedingungen der Nassvliesanlage gewährleisten.

Weiterhin ist es das Ziel, genauere Erkenntnisse zum Einfluss von Faserüberlängen in der Fasersuspension zu erlangen. Faserüberlängen sind ein häufiges Problem und entstehen durch schlecht gefachte und abgelegte Faserkabel und/oder durch einen fehlerhaften Schnitt der Faserkabel. Es ist jedoch nicht bekannt, bis zu welcher Toleranz in der Faserlänge eine fehlerfreie Faserablage erfolgen kann. Durch entsprechende Untersuchungen sollen deshalb für verschiedene Faserarten Aussagen gefunden werden, bis zu welchen Überlängen die Fasersuspension fehlerfrei auf der Vliesanlage verarbeitet werden kann und ab welcher Überlänge Verspinnungen auftreten. Diese Erkenntnisse sind für den Hersteller der Faserkurzschnitte und den Vliesstoffhersteller gleichermaßen wichtig.

Ziel ist es weiterhin, dem Vlieshersteller anhand einer Input / Output - Analyse ein Entscheidungsinstrument bereitzustellen, welches eine Vorhersage der Vlieseigenschaften, die beim Einsatz der ausgewählten Faserstoffe erreicht werden können, ermöglicht. Dazu ist es notwendig, die Zusammenhänge zwischen den Faserparametern (insbesondere Faserfeinheit und –länge) der ausgewählten Faserstoffe, dem Anteil des Faserstoffes im Vlies und den resultierenden Vlieseigenschaften zu analysieren und in Form eines Leitfadens für die Verarbeitung von Verstärkungs- und Funktionsfasern so aufzuarbeiten, dass diese vom Vliesstoffhersteller zur Vliesoptimierung unmittelbar genutzt werden können.

3. Lösungsweg

Der methodische Lösungsansatz zur erfolgreichen Bearbeitung der Projektziele ist im Abb. 1 dargestellt.

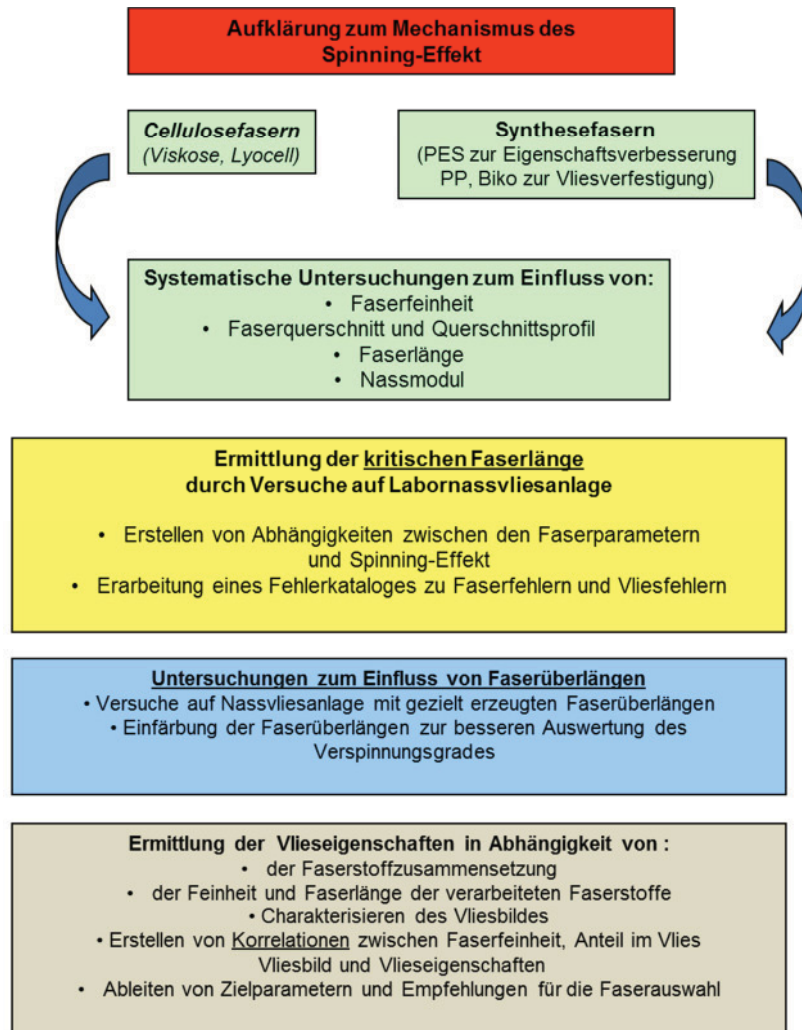


Abb. 1: Methodischer Lösungsansatz zur Projektbearbeitung

4. Stand der Technik

Verfahrensprinzip [1-6]

Die Vliesstoffherstellung mit dem Nassverfahren leitet sich von der Technologie der Papierherstellung ab. Typisch sind folgende Verfahrensschritte:

- Dispergierung von Fasern in Wasser
- Kontinuierliche Vliesbildung auf einem schräg angeordneten Siebband durch Filtration
- Vliesverfestigung, Trocknung, Aufrollung und Konfektionierung der gebildeten Vliesbahn.

Die kontinuierliche Flächenbildung aus der Fasersuspension heraus erfolgt über das Schrägsieb. Auf dem Schrägsieb werden die Faserstoffe in Wirrlage abgelegt, indem kontinuierlich mittels unter dem Sieb angeordneten Saugkästen Wasser entzogen wird. Diverse Verteilersysteme garantieren eine gleichmäßige Zuführung der Suspension zum Siebband.

Im Unterschied zur Papierherstellung werden bei der Nassvliesproduktion längere Fasern (in der Regel 5 bis 10 mm, in Einzelfällen auch 25 bis 30mm) eingesetzt. Deshalb wird auch mit geringeren Stoffdichten (0,01 – 0,08% Faserstoff in der Suspension) gearbeitet.

Zur Verfestigung der Nassvliese können der Fasersuspension thermosensible Bindefasern oder Bindemitteldispersionen beigemischt werden. Alternativ kann die Vliesbahn auch nachträglich durch Bad- oder Schaumimpregnierung, Leimpresen oder mit Druckverfahren mit chemischen Bindemitteln verfestigt werden. Zur Aushärtung der Bindemittel werden die Vliesstoffe abschließend getrocknet. Fasermischungen mit Bindefaseranteil werden mittels Kalanders oder Thermoofen thermisch verfestigt.

Faserstoffaspekte [7-26]

Mit dem Nassverfahren lassen sich alle in Wasser dispergierbaren Faserstoffe zum Vlies legen. Im Nasslegeverfahren verarbeitbare Faserstoffe sind alle Chemiefasern, Naturfasern und Bicomponentenfasern. High-Tech-Fasern wie Keramik-, Aramid- und C-Fasern, aber auch Mineral- und Metallfasern gewinnen zunehmend an Interesse.

Voraussetzung für die Anwendung im Nasslegeverfahren ist, dass sich die Faserbündel oder Faserstapel beim Dispergieren zu einer Suspension homogen in Einzelfasern zerlegen lassen und beim Transport zur Faserablage auf dem Schrägsieb der Vliesanlage gleichmäßig im Wasser verteilt bleiben.

Das Dispergierverhalten eines Faserstoffes wird im Wesentlichen von folgenden Faktoren beeinflusst:

- dem aus der Faserlänge und Faserfeinheit errechneten Schlankheitsgrad
- der Steifheit der Fasern im Wasser (Nassmodul)
- der Benetzbarkeit
- der Schnittqualität der Fasern.

Von besonderer Wichtigkeit für das Nassvliesverfahren ist der Schlankheitsgrad der Fasern, der durch folgende Formel beschrieben wird:

$$\text{Schlankheitsgrad} = \frac{100 \times \text{Faserlänge}}{\sqrt{\text{Faserfeinheit}}}$$

Die Faserlänge wird in mm und die Faserfeinheit in dtex angegeben.

Die Dispergiereigenschaften verschlechtern sich mit zunehmenden Schlankheitsgrad und abnehmender Steifigkeit der Fasern.

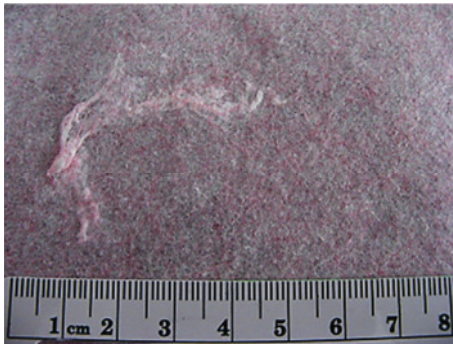
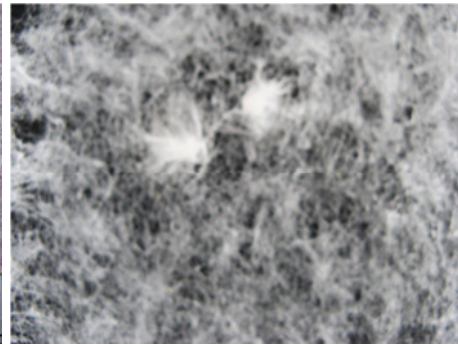
Ein Beispiel zeigt, dass dem Verhältnis von Faserlänge und –feinheit eine nicht zu vernachlässigende Bedeutung zukommt. So beträgt der Schlankheitsgrad einer 1,6 dtex Faser von 6 mm Faserlänge 474 und der gleichen Faser mit 10 mm Faserlänge 791.

Desweiteren lassen sich glatte und kurze Fasern gewöhnlich leichter zu einer homogenen Suspension verarbeiten als lange, feine und fibrillierte Fasern. In der Konsequenz werden zur Sicherung stabiler Produktionsbedingungen Fasern mit hohem Faserdurchmesser in kurzen Schnittlängen (geringer Schlankheitsgrad und kleines Länge/Durchmesser Verhältnis) eingesetzt. Dies geht jedoch eindeutig zu Lasten der textilen und mechanischen Vlieseigenschaften.

Die Erfahrung hat auch gezeigt, dass gut benetzbare Faserstoffe auch gute Dispergiereigenschaften besitzen. Aus diesem Grund werden insbesondere hydrophobe Faserstoffe vom Faserhersteller mit Avivagen ausgerüstet, welche die Benetzbarkeit verbessern.

Faserfehler [27]

Nicht alle Faserstoffe erfüllen die vorgenannten Voraussetzungen. Sie lassen sich entweder nicht zu Einzelfasern separieren oder sie verhaken sich in der Suspension miteinander und bilden Verschlingungen und Noppen (Foto 1 und 2). Das Ergebnis ist eine ungleichmäßige Vliesstruktur mit sichtbaren Knoten. Die Inhomogenitäten stellen jedoch nicht nur einen Qualitätsmangel dar, sondern führen auch zu limitierten Vlieseigenschaften.


Foto 1: Verschlingungen

Foto 2: Noppen

Typische Faserfehler, die ebenfalls Ursache für Verspinnungen und Knoten im Vlies sein können, sind fehlerhaft geschnittene Faserstoffe. Sie enthalten Fasern, deren Länge die eigentliche Schnittlänge mehrfach übersteigen kann. Durch stumpf gewordene Schneidwerkzeuge werden die Faserenden beim Strangschnitt eines Kabels einseitig durch eine Schnittquetschung verschweißt. Diese Verschmelzungen können nicht wieder gelöst werden (Foto 3).


Foto 3: unaufgelöste Faserbündel

Für die Auflösung von Faserstoffen zur Suspension sind auch die Viskosität der Flüssigkeit und die Art der Auflöseaggregate entscheidend. So ist es bei Faserstoffen mit höher Dichte, wie Glas, Metall- und Mineralfasern, hilfreich, die Viskosität der Suspension zu erhöhen, damit sich die Fasern in der Suspension bis zur Faserablage auf dem Schrägsieb der Vliesanlage in einem stabilen Schwebезustand befinden und sich nicht absetzen.

Besonderheiten der Nassvliestechnologie und Produkte

Im Vergleich zu Trockenlegeprozessen wie Kardier-, Airlaid- oder Spinnvliesverfahren ist das Nasslegeverfahren aufgrund der sehr hohen Produktionsgeschwindigkeiten (bis zu 550 m/min) und Produktionsbreiten von bis zu 5.30 m sehr produktiv und die Produkte aufgrund der großen Palette an verarbeitbaren Faserstoffen (cellulosefasern, Synthesefasern, anorganische Fasern, Metallfasern...) in vielfältigen Anwendungen zu finden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Beispiele für Endanwendungen von Nassvliesstoffen [16, 27]

Spezialpapiere	Technische Vliesstoffe	Textilähnliche Vliesstoffe
Synthesefaserpapiere Luftfilterpapiere Flüssigkeitsfilterpapiere Zigarettenumhüllungspapiere Overlaypapiere Wurstumhüllungspapiere Schablonenpapiere Staubsaugerpapiere Teebeutelpapiere	Vliesstoffe für Bedachungen Vliesstoffe für Bodenbeläge Filtervliesstoffe Separatortvliesstoffe Leiterplattenvliese Beschichtungsträger Isolationstvliesstoffe	Operationswäsche Bettwäsche Servietten Tischdecken Handtücher Hygieneprodukte Textile Einlagevliesstoffe Dekorationstvliesstoffe

Die Flächenmassen für Nassvliesstoffe können im Bereich von 10 bis 300 g/m² variieren und die Faserorientierung kann von Wirrlage bis längsorientiert eingestellt werden. Mit der Nasslege-technik können zwei- oder dreilagige Vliesstoffe aus unterschiedlichen Faserstoffen oder Faserstoffmischungen in einem Arbeitsschritt hergestellt werden. Durch entsprechende Nachbehandlungen wie z. B. Wasserstrahlverfestigung erhalten die Vliesstoffe textilähnliche Eigenschaften. Die Oberflächen können coloriert, bedruckt und aviviert werden, wodurch die Vliesstoffe mit bestimmten Funktionen ausgestattet werden können.

5. Ergebnisse

5.1. Charakterisierung der ausgewählten Faserstoffe

Nassvliesstoffe werden durch die Formation einer Zellstoff/Wasser-Suspension auf einer Schrägsieb-anlage gebildet. Zur Erhöhung der mechanischen Kennwerte, der Verbesserung der Gebrauchseigenschaften und für die Erzeugung spezieller Funktionen, wie z. B. antimikrobielle, staubbindende oder antistatische Eigenschaften, werden der Zellstoff/Wasser-Suspension Anteile von Cellulose-erzeugerattfasern, Synthesefasern und Bindefasern zugesetzt. Von diesen Fasern galt es, das Spinning-Verhalten zu untersuchen und die Verarbeitungseigenschaften im Nasslegeverfahren zu optimieren.

Für die Bearbeitung der Zielstellung wurden deshalb die folgenden Verstärkungs- und Bindefasern ausgewählt, beschafft und für die Verarbeitung im Nassverfahren relevante Faserkennwerte wie Feinheit, Nassfestigkeit und Nassmodul bestimmt. Für die nachfolgenden Verarbeitungsversuche wurden von den Faserstoffen unterschiedliche Faserlängen erzeugt.

Viskosefasern:

- Regulär runder Querschnitt: Feinheit 0,9; 1,7; 3,3 dtex
- Flacher Querschnitt: Feinheit 2,4 dtex
- Y-Querschnitt: 3,3 dtex
- Schnittlängen: 6 bis 24 mm

Polyesterfasern:

- Lieferant 1: Feinheiten: 0,5 und 1,7 dtex Avivage 1
3,3 und 6,7 dtex Avivage 2
- Lieferant 2: Feinheiten: 0,6; 1,7; 3,3 und 6,7 dtex
- Schnittlängen: 5 bis 24 mm

Tencel - Fasern :

- Feinheiten: 1,4 und 1,7 dtex
- Schnittlängen: 6 bis 12 mm

PES/PE- Bico - Fasern :

- Feinheiten: 1,3; 2,2 und 3,0 dtex
- Schnittlängen: 6 bis 12 mm

Polypropylen-Fasern:

- Lieferant 1: Feinheiten: 2,8 dtex
- Lieferant 2: Feinheiten: 3,8 dtex
- Schnittlängen: 6 bis 12mm

Das Prinzip des Nassvliesverfahrens ist es, Fasern homogen in Wasser zu verteilen und diese Suspension durch Entwässerung auf einem Schrägsieb als Vliesstoff abzulegen. Fasern, die gut mit Wasser benetzen, lassen sich in der Regel auch gut zu Einzelfasern zerlegen und bilden stabile Faser/Wasser-Suspensionen. Ein weiterer wichtiger Aspekt, der die Dispergierfähigkeit von Fasern bestimmt, ist die Steifigkeit der Faser im wässrigen Medium. Von den ausgewählten Faserstoffen wurde deshalb der Nassmodul als Maß für die Nasssteifigkeit bestimmt. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen die Zusammenhänge von Faserfeinheit, Festigkeit und Nassmodul für die Faserstoffe Viskose, Lyocell und Polyester. Der Nassmodul für Viskosefasern liegt, in Abhängigkeit von der Faserfeinheit, im Bereich von 20 – 50 cN/tex und für Polyesterfasern zwischen 200 – 300 cN/tex. Die hochmoduligen Lyocellfasern ordnen sich im Bereich der Polyesterfasern ein. Ein hoher Nassmodul ist ein günstiges Kriterium für die Verarbeitung großer Faserlängen. Daraus leitet sich ein weiteres wichtiges Kriterium für die Dispergierfähigkeit von Fasern ab, das L/D-Verhältnis. Aus dem Verhältnis von Faserfeinheit und Faserlänge lässt sich der Schlankheitsgrad errechnen. Anhand des Schlankheitsgrades lässt sich für jeden Faserstoff in Abhängigkeit von der Faserfeinheit die verarbeitbare Faserlänge abschätzen. In der Tabelle 2 wurden für die gängigen Faserfeinheiten und Faserlängen die Schlankheitsgrade berechnet. Bei der Berechnung wurde die Faserfeinheit in dtex zugrunde gelegt. Der Einfluss der Faserstoffdichte und geometrische Einflüsse wurden vernachlässigt.

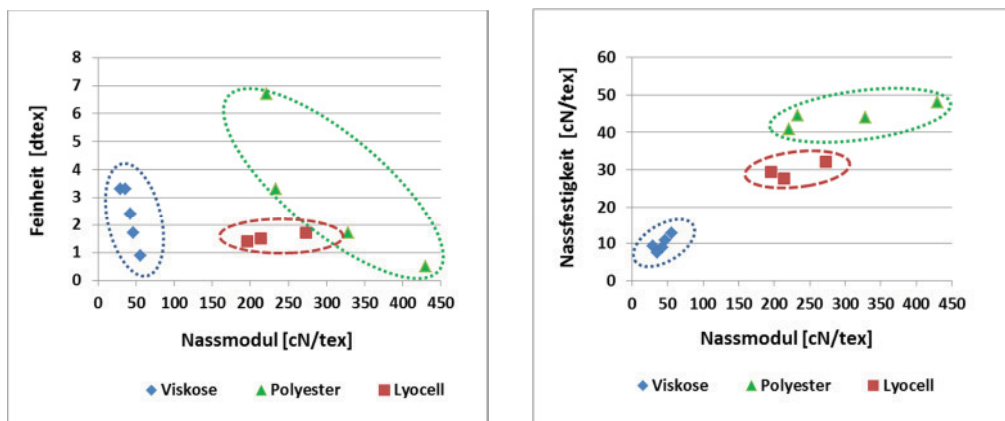


Abb. 2 und 3: Zusammenhang zwischen Feinheit, Festigkeit und Nassmodul für die Faserstoffe Viskose, Lyocell und Polyester

Feinheit [dtex]	Länge [mm]							
	3	6	9	12	15	18	21	24
0,5	424	848	1273	1697	2121	2545	2970	3394
0,9	316	632	948	1265	1581	1897	2214	2530
1,3	263	526	789	1052	1316	1579	1842	2105
1,7	230	460	690	920	1150	1380	1611	1841
2,4	194	387	581	775	968	1162	1355	1549
3,3	165	330	495	660	826	990	1156	1321
6,7	115	232	348	463	579	695	811	927

Tabelle 2: Berechnete Schlankheitsgrade für gängige Faserfeinheiten und Faserlängen

5.2. Charakterisierung der Dispergiereigenschaften

Im Rahmen eines Faser-Screening wurde für die ausgewählten Faserstoffe in den unterschiedlichen L/D-Verhältnissen auf einem Laborblattbildner nach Rapid Köthen die Verschlingungsneigung und damit die Blattqualität beurteilt. Für die Beurteilung wurde ein Notenspiegel erarbeitet und die auftretenden Fehler nach der Fehlerart analysiert. Abb. 4 zeigt den erarbeiteten Notenspiegel zur Beurteilung der Vliesbildqualität und Abb. 5 die farbliche Untersetzung der Noten für die Visualisierung. Die Notenskala ist von 1 bis 5 gestaffelt, wobei Note 1 und 2 für eine homogene Blattqualität mit weniger als fünf Faserfehlern (Stippen) pro m² Vlies vergeben wurde. Ab Note 3 treten unakzeptabel viele Stippen in Verbindung mit einer gestörten Vliesoptik auf. Beim Auftreten von Noppen in Verbindung mit einer sich verstärkenden Inhomogenität im Vlies wurde die Note 4 vergeben. Wurden zusätzlich Verschlingungen sichtbar in Verbindung mit einer sich weiter verschlechternden Vliesgleichmäßigkeit, wurde die Note 5 vergeben.

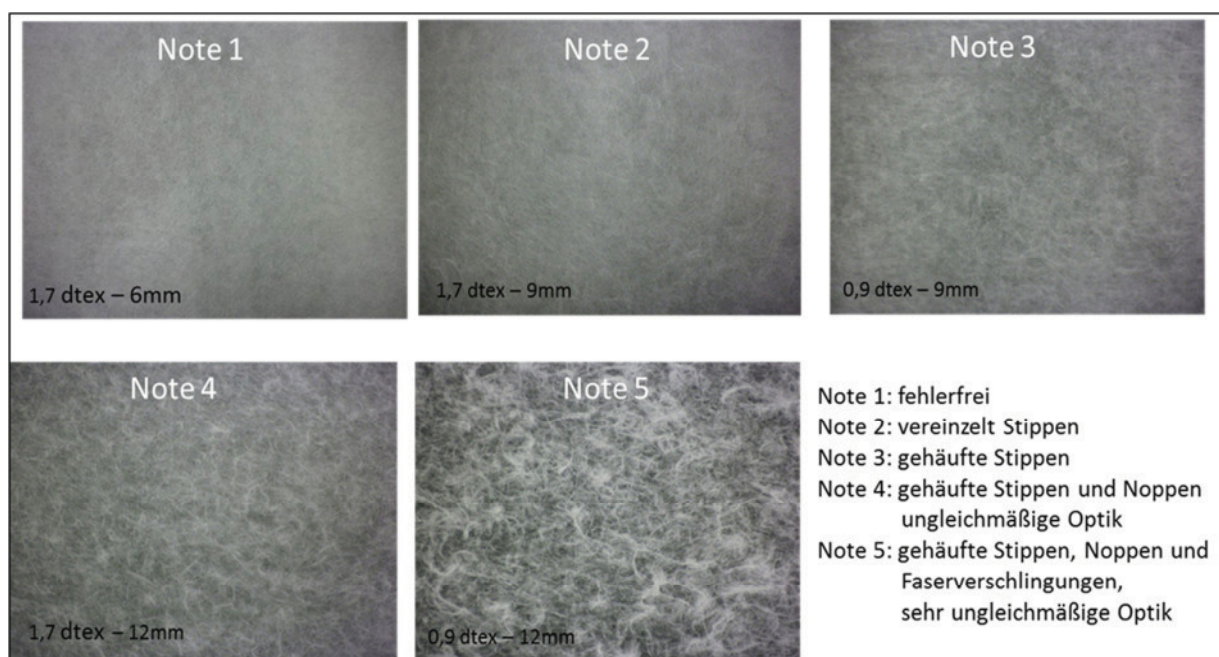


Abb. 4: Notenspiegel zur Beurteilung der Blattqualität

Notenspiegel	1	2	3	4	5
--------------	---	---	---	---	---

Abb. 5: Notenspiegel für die Noten 1 bis 5 mit farblicher Markierung

5.3. Verarbeitungsversuche auf der Nassvliesanlage

Die in den Blattbildungsversuchen ermittelten Ergebnisse wurden durch Versuche auf der Nassvliesanlage überprüft und verifiziert. Die Versuchsdaten zur Vliesherstellung können im Abschnitt „Experimentelles“ nachgelesen werden. Im Vorfeld dieser Versuche wurde die Nassvliesanlage durch die Fa. Pill Nassvliesstechnik gemäß des Angebotes im Antrag modernisiert und mit einem Pulper erweitert.

Jeder der auf der Nassvliesanlage zum Vlies verarbeiteten Fasertypen wurde eine Note zugeordnet und eine Korrelation zum Schlankheitsgrad durchgeführt.

5.3.1. Verarbeitungsversuche mit Viskose- und Lyocellfasern

Cellulosische Fasern benetzen gut mit Wasser und lassen sich damit sehr gut in Einzelfasern zerlegen. Spezielle Faseravivagen für die Verarbeitung im Nassverfahren sind deshalb nicht erforderlich.

Bei keiner anderen Faser steht eine so breite Auswahl an Faserquerschnitten zur Verfügung wie bei Viskosefasern. Deshalb wurde am Beispiel von Viskosefasern der Einfluss der Fasergeometrie in Verbindung mit der Faserfeinheit auf die fehlerfrei verarbeitbare Faserlänge untersucht. Die auf der Vliesanlage erzeugten Vliese wurden hinsichtlich der Blattqualität nach dem erarbeiteten Notenschlüssel bewertet. Die Ergebnisse hierzu sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Es lassen sich folgende Aussagen treffen:

- Faserfehler
 - Es liegen keine Faserfehler im Sinne von Schnittfehlern oder nicht separierten Faserbündeln vor.
 - Fehler resultieren aus der gewählten Faserlänge; überlange Fasern bilden Stippen, Noppen und Verschlingungen (Abb. 6).
- Einfluss der Faserfeinheit
 - Feinere Fasern neigen wegen stärkerer Faser/Faser-Haftung eher zu Faserstippen.
 - Die fehlerfrei verarbeitbare Faserlänge ist bei feineren Fasern geringer:
 - Fasern mit 0,9 dtex bis 6 mm Länge (Schlankheitsgrad 632) fehlerfrei
 - Fasern mit 3,3 dtex bis 9 mm Länge (Schlankheitsgrad 495) fehlerfrei
- Einfluss des Faserquerschnittes
 - Fasern mit flachem Faserquerschnitt verhalten sich wie Fasern mit rundem Querschnitt.
 - Der trilobale Querschnitt stabilisiert die Steifheit und damit die verarbeitbare Faserlänge.
 - trilobale Fasern mit 3,3 dtex bis 15 mm (Schlankheitsgrad 826) fehlerfrei
 - Nassmodul 3,3 dtex rund 29,8 cN/tex
 - Nassmodul 3,3 dtex trilobal 35,8 cN/tex

Feinheit [dtex]	Länge [mm]					
	3	6	9	12	15	18
0,9 rund	1	1	3	5		
1,7 rund	1	1	2	4		
3,3 rund	1	1	2	3	5	
2,4 flach	1	1	2	4		
3,3 trilobal	1	1	1	1	2	4

Tabelle 3: Vliesqualität in Abhängigkeit von der Faserlänge, Faserquerschnitt und dem Schlankheitsgrad der eingesetzten Viskosefasern



Abb. 6: Typische Fehlerbilder bei der Verarbeitung von Viskosefasern

Da auf dem Markt auch hochmodulige Cellulosefasern der Gattung Lyocell für die Verarbeitung im Nassverfahren angeboten werden, sollten die Vorzüge dieser Fasergattung (hohe Festigkeit und Modul) gegenüber Viskosefasern bei der Vliesbildung (später auch bei den Vlieseigenschaften) ausgelotet werden. Zu diesem Zweck wurden die Lyocellfasern in gleicher Weise wie die Viskosefasern auf der Vliesanlage verarbeitet und die resultierenden Vliesqualitäten nach dem Notenschlüssel bewertet (Tabelle 4). Es wurde gefunden, dass bei vergleichbarer Faserfeinheit eine um 3 mm größere Schnittlänge für die Lyocellfaser resultiert.

Feinheit	Länge [mm]			
	3	6	9	12
Viskose 0,9 dtex	1	1	3	5
Lyocell 1,4 dtex				2
Viskose 1,7 dtex	1	1	2	4
Lyocell 1,7 dtex		1		2
Viskose 3,3 dtex	1	1	2	3

Tabelle 4: Vliesqualität bei der Verarbeitung von Viskose- und Lyocell-Fasern mit unterschiedlichen Faserlängen und Faserfeinheiten

5.3.2. Verarbeitungsversuche mit Polyesterfasern

Polyesterfasern besitzen von Hause aus schlechtere Benetzungseigenschaften als Viskosefasern und werden deshalb vom Faserhersteller mit einem speziellen Finish versehen. Um den Einfluss des Faserfinishes auf die Vliesqualität zu untersuchen, wurden nicht nur Fasern verschiedener Lieferanten einbezogen, sondern auch von einem Lieferanten Fasern mit unterschiedlichem Finish geprüft. Die Ergebnisse der Dispergiereigenschaften der Fasern in Abhängigkeit vom Lieferanten und dem Faserfinish sind in Tabelle 5 zusammengestellt. Folgende Aussagen lassen sich formulieren:

- Ein Einfluss des Faserlieferanten liegt vor. Unter gleichen Verarbeitungsbedingungen auf der Vliesanlage zeigen die Fasern des Lieferanten B weniger Faserfehler (Stippen). Ob die Ursachen hierfür im Faserfinish zu finden sind, ist nicht zu klären, da keine verwertbaren Kenntnisse zum Finish beider Lieferanten vorliegen.

- Dem Finish I werden bessere Dispergiereigenschaften nachgesagt als dem Finish II. Jedoch befindet sich das Finish I nur auf den feinen Fasern, so dass die versteifenden Effekte durch eine höhere Faserfeinheit und das damit einhergehende bessere Dispergierverhalten der groben Fasern den Einfluss des Finishes verwischen.
- Die fehlerfrei verarbeitbare Faserlänge ist bei feineren Fasern geringer:
 - Fasern mit 0,5 dtex bis 6 mm Länge (Schlankheitsgrad 848) fehlerfrei
 - Fasern mit 1,7 dtex bis 12 mm Länge (Schlankheitsgrad 920) fehlerfrei
- Faserfehler äußern sich in Stippen. Es sind keine Noppen sichtbar.

Feinheit [dtex]	Lieferant	Finish	Schnittlänge [mm]			
			6	12	18	24
0,5	A	I	3	4		
0,6	B		1			
1,7	A	I	2,5	4		
1,7	B		1	2		
3,3	A	II	1	3	4	
3,3	B		1			
6,7	A	II		2	3	4
6,7	B			2		

Tabelle 5: Vliesqualität bei der Verarbeitung von Polyesterfasern verschiedener Lieferanten und mit unterschiedlichem Finish

In den Polyestervliesen sind deutliche Faserkreuzungspunkte zu erkennen (Foto 4 und 5). Die Faserkreuzungspunkte sind bei Polyesterfasern klarer ausgeprägt als bei Viskosefasern und auffälliger bei grobem Fasertiter und profilierter Faseroberfläche.

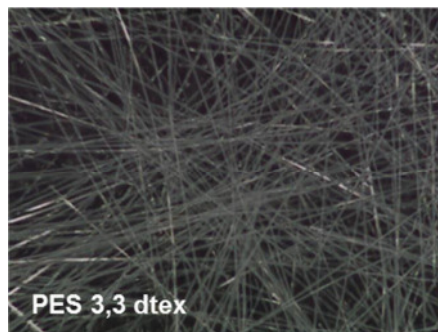
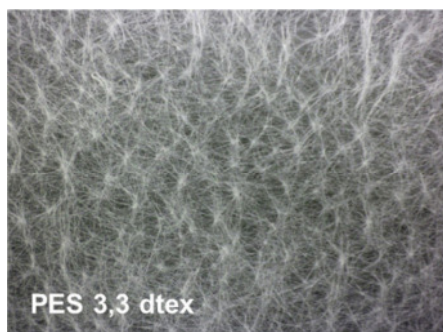


Foto 4 und 5: Aufnahmen vom Polyesterfaservlies, Faserfeinheit 3,3 dtex

5.3.3. Gegenüberstellung Viskose - Lyocell - Polyester

Viskosefasern haben zwar günstigere Benetzungseigenschaften als Polyesterfasern, bilden eine sehr homogen Vliesoptik und bedürfen keines zusätzlichen Faserfinishes, können aber wegen der geringeren Steifigkeit im wässrigen Medium nur mit geringerem Schlankheitsgrad fehlerfrei verarbeitet werden (Abb. 7). Während eine 1,7 dtex Polyesterfaser mit 12 mm Faserlänge nahezu fehlerfrei zum Vlies verarbeitet werden kann, ist dies bei einer 1,7 dtex Viskosefaser nur bis 9 mm Länge möglich. Die höhere Steifigkeit der Lyocellfaser ermöglicht es, dass eine 1,7 dtex Faser ebenfalls mit 12 mm Faserlänge fehlerfrei verarbeitet werden kann (Tabelle 6).

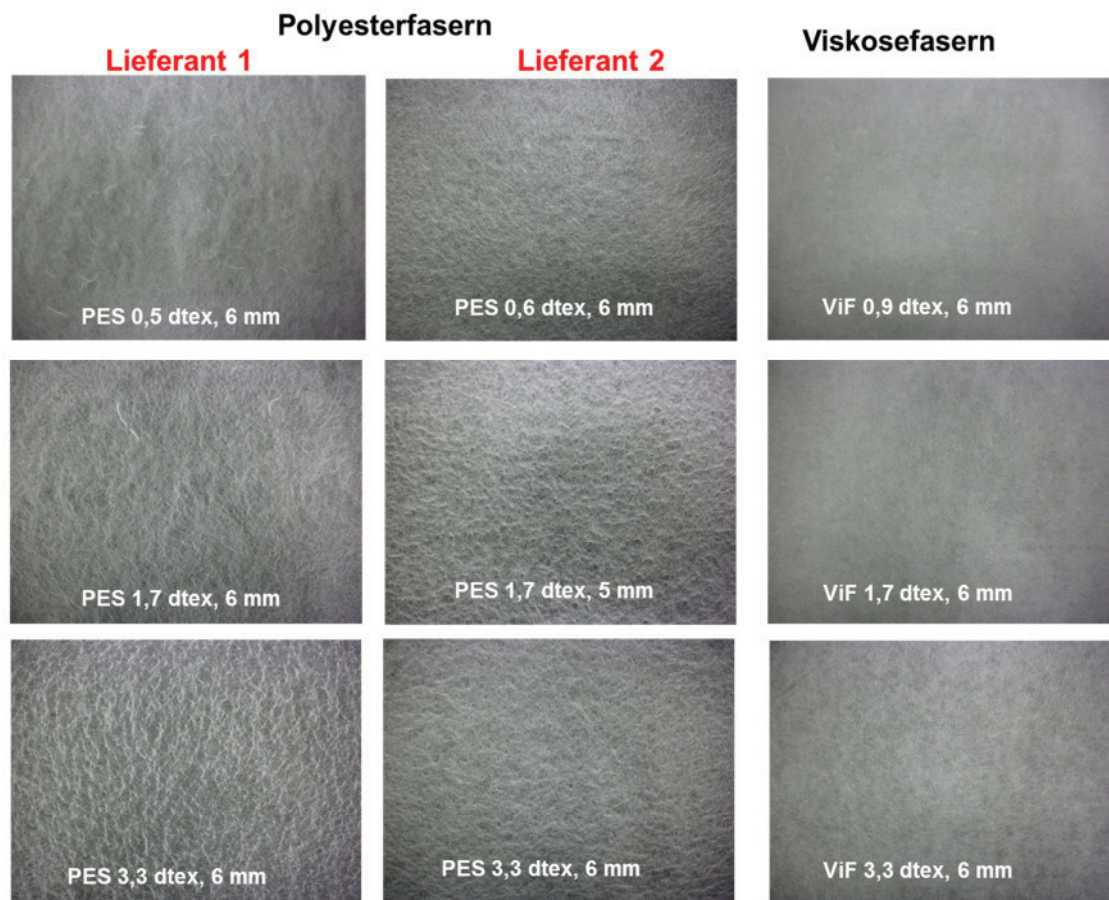


Abb. 7: Vergleichende Darstellung der Vliesoptik von Polyester- und Viskosefaservliesen

Feinheit	Schnittlänge [mm]		
	6	9	12
PES 0,6 dtex	1		
Viskose 0,9 dtex	1	3	5
PES 1,7 dtex	1		2
Lyocell 1,7 dtex	1		2
Viskose 1,7 dtex	1	2	4
PES 3,3 dtex	1		2
Viskose 3,3 dtex	1	2	3

Tabelle 6: Vergleich der Verarbeitungseigenschaften von Polyester / Lyocell / Viskose

5.3.4. Verarbeitungsversuche mit Bindefasern

Zur thermischen Verfestigung von Nassvliesstoffen können Bindefasern zur Fasersuspension gegeben werden, die bei der Vliestrocknung und/oder anschließendem Thermobond-Prozess schmelzen und die Trägerfasern miteinander verkleben. Der Anteil an Bindefasern beträgt je nach Anforderung an die Vliesfestigkeit zwischen 5 und 20 Ma%. Die Schmelzpunkte der Bindefasern müssen einen niedrigeren Erweichungs- und Schmelzpunkt besitzen als die Trägerfasern, die das Vliesgerüst bilden. Die Bindefasern können beim Schmelzen ihre Form verlieren und als Bindemittel fungieren oder es handelt sich um Bikomponentenfasern mit einer Kern/Mantel-Struktur, bei denen der Fasermantel unter Temperatureinwirkung schmilzt und die Faserstruktur erhalten bleibt. Für wet-laid-Anwendungen werden derartige Fasertypen mit Polyester im Kern und einem Co-Polyester oder Polyethylen im Mantel angeboten, wobei aus Kostengründen häufig die Fasertypen mit Polyethylen im Mantel eingesetzt werden. Aus diesem Grund wurden auch für die Verarbeitungsversuche auf der Nassvliesanlage PES/PE Bikomponentenfasern ausgewählt. Darüber hinaus waren auch PP-Fasern als Bindefasern interessant. Sowohl die PES/PE-Bicofasern als auch die PP-Fasern werden beim Hersteller mit einem geeigneten Faserfinish für wet-laid-Anwendungen versehen.

Für die ausgewählten Fasern ergeben sich die in den Tabellen 7 und 8 ermittelten folgenden Verarbeitungseigenschaften. Danach können die Biko-Fasern mit einem Schlankheitsgrad bis 800 und die PP-Fasern mit einem Schlankheitsgrad bis 350 fehlerfrei verarbeitet werden. Auffällig sind bei beiden Fasertypen Faserverklebungen aus dem Spinnprozess, die im Vlies als „Schmelzekorn“ sichtbar werden (Abb. 8).

Feinheit [dtex]	Schnittlänge [mm]	
	6	12
1,3	1	
2,2		1
3	1	1

Tabelle 7: Vliesqualität bei der Verarbeitung von PES/PE-Bikomponentenfasern

Feinheit [dtex]	Schnittlänge [mm]	
	6	12
2,8-Lieferant A	2	
3,8-Lieferant B	1	3

Tabelle 8: Vliesqualität bei der Verarbeitung von Polypropylenfasern verschiedener Lieferanten

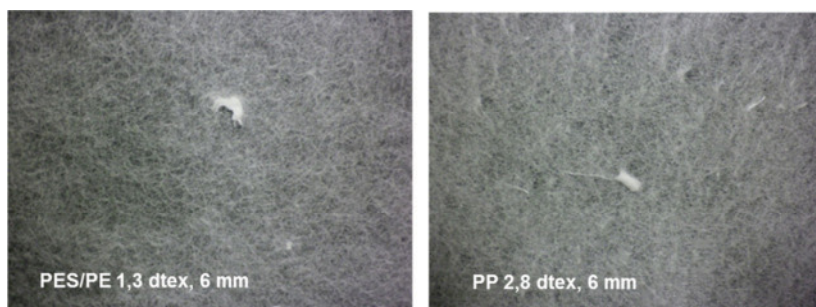


Abb. 8: Faserverklebungen aus dem Spinnprozess

5.3.5. Untersuchungen zum Mechanismus des Spinning-Effektes bei der Verarbeitung überlanger Fasern

Durch das Zumischen von gezielt erzeugten Faserüberlängen wurde untersucht, bis zu welcher Faserlänge und bis zu welchen Anteilen die überlangen Fasern von der Fasersuspension toleriert werden und wie sich die Faserverspinnungen im Vlies aufbauen. Diese Untersuchungen wurden mit angefärbten Viskosefasern (Feinheit 1,7 dtex) durchgeführt, um die Verschlingungen im Vlies sichtbar zu machen. Es wurden folgende Überlängen getestet: 12 mm, 15 mm, 18 mm, 21 mm und 24 mm (Abb. 9). Es zeigt sich, dass Faserüberlängen bis 12 mm vom Vlies gut toleriert werden. Die Fasern lassen sich gut vereinzeln und sind im Basisvlies (6 mm) kaum sichtbar. Bei einer Schnittlänge von 15 mm ist die Vereinzelung der Faserbündel nicht mehr gewährleistet und es bilden sich Stippen. Ab einer Schnittlänge von 18 mm vermehren sich die Stippen und es kommt zur Ausbildung von Knoten, Noppen und Verschlingungen. Abb. 10 zeigt die typischen Faserfehler in Abhängigkeit von der Schnittlänge.

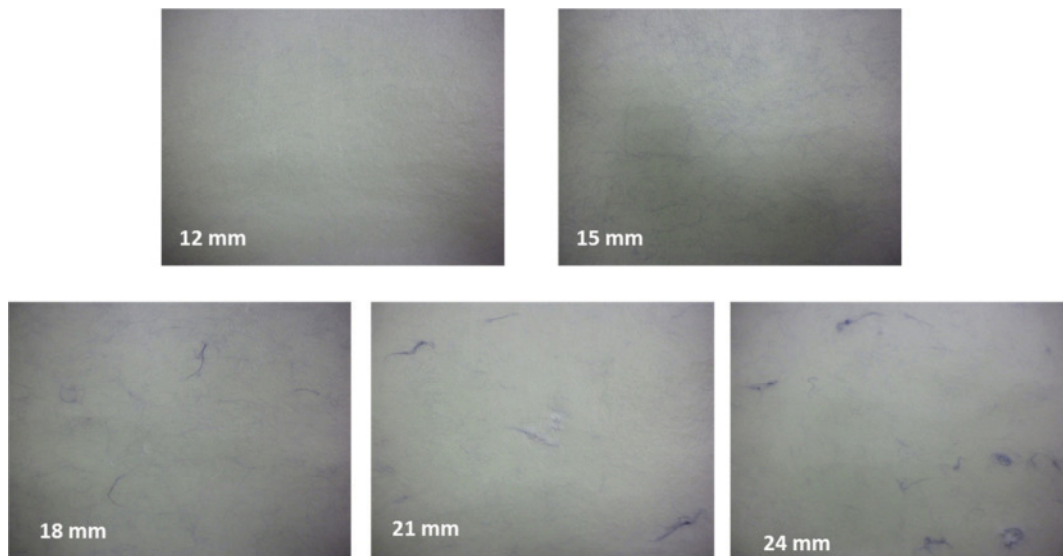


Abb. 9: Entstehung von Stippen und Verschlingungen bei Zusatz von 0,5% überlangen Fasern (Titer 1,7 dtex) zu einem ViF-Basisvlies (1,7 dtex, 6 mm)

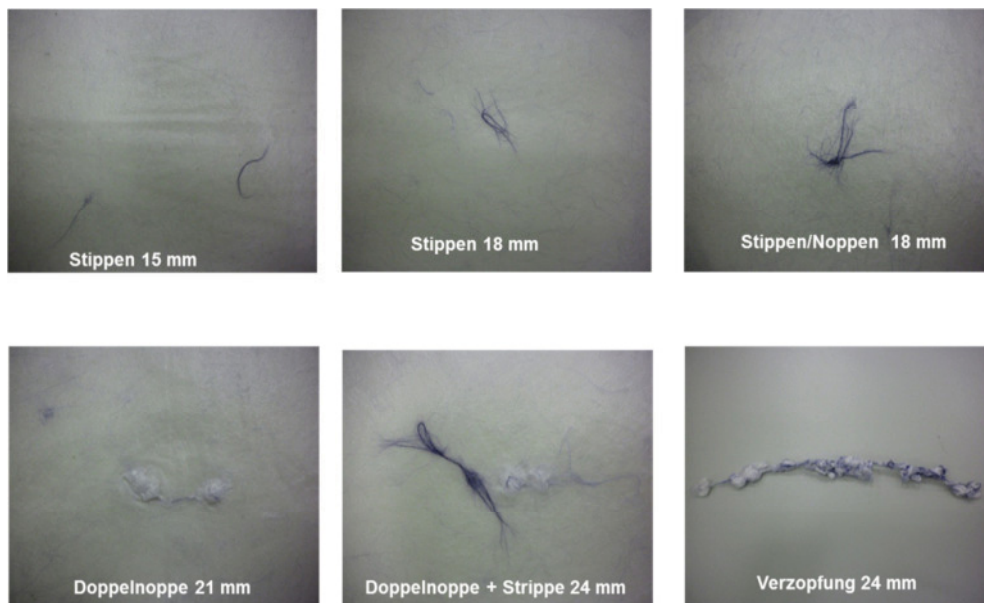


Abb. 10: Typische Faserfehler bei Zusatz von 0,5% überlangen Fasern (Titer 1,7 dtex) zu einem ViF-Basisvlies (1,7 dtex, 6 mm)

5.3.6. Einfluss der Fasercharakteristik auf die resultierenden Vlieseigenschaften

Ziel war es, aus der gefundenen Verarbeitungscharakteristik für die verschiedenen Fasern die Vlieseigenschaften gezielt in Richtung Vliesfestigkeit zu optimieren. Dazu wurde nachfolgende Versuchsmatrix abgearbeitet:

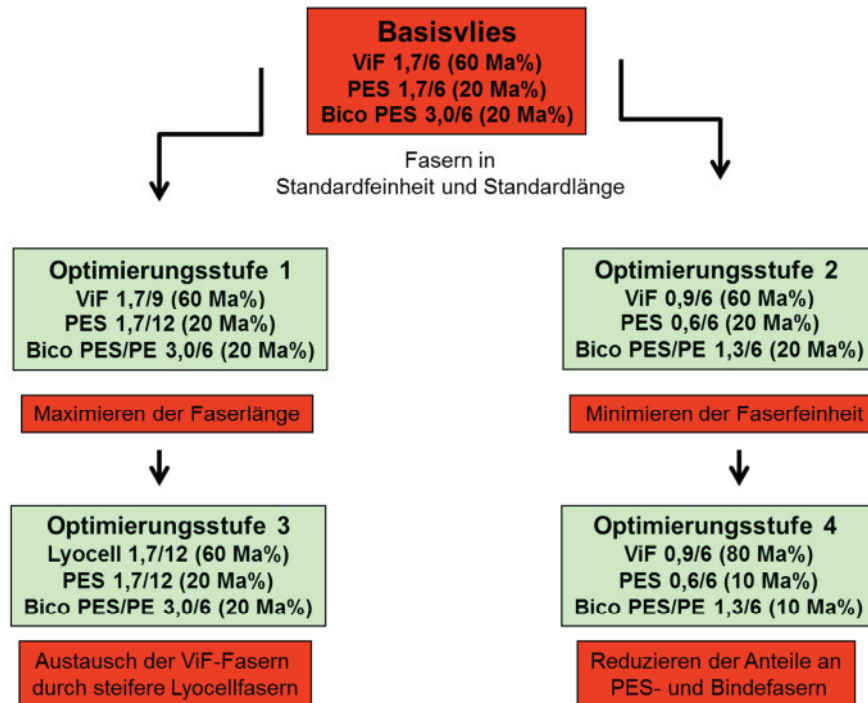


Abb. 11: Versuchsmatrix zur Optimierung der Vlieseigenschaften

Die auf der Nassvliesanlage gefertigten Vliesstoffe wurden hinsichtlich relevanter Eigenschaften geprüft. Dazu zählen die Zugfestigkeit, die Weiterreißfestigkeit und die Luftdurchlässigkeit. Die mechanischen Kennwerte wurden richtungsabhängig (in Maschinenrichtung und quer zur Maschinenrichtung) sowie im trockenen als auch im feuchten Zustand geprüft. Folgende Erkenntnisse leiten sich aus den Prüfwerten (Abb. 12-16) ab:

- Die Erhöhung der Schnittlänge bewirkt keine Verbesserung der Zugfestigkeit, aber eine deutliche Verbesserung der Weiterreißkraft (Optimierungsstufe 1).
- Der Einsatz feinerer Fasern erhöht die Zugfestigkeit der Vliesstoffe signifikant, aber nicht die Weiterreißkraft, weil die Faserlänge wegen der geringeren Feinheit der des Basisvlieses entspricht (Optimierungsstufe 3).
- Ersetzt man die Viskosefaser durch die Lyocellfaser kann sowohl die Zugfestigkeit als auch die Weiterreißkraft deutlich verbessert werden (Optimierungsstufe 2). Insbesondere im feuchten Zustand zeigen sich die Vorteile des höheren Nassmoduls und der höheren Nassfestigkeit der Lyocellfaser im Vergleich zur Viskosefaser (siehe dazu auch Abb. 2 und 3 zu den Faser-eigenschaften).
- Mit dem Einsatz feinerer Fasern ist es möglich, die Anteile an Verstärkungs- und Binfasern im Vlies ohne Einbußen bei der Zugfestigkeit und der Weiterreißkraft zu reduzieren. Im feuchten Zustand fallen die Kennwerte der Vliesstoffe wegen des verminderten Binderanteils jedoch deutlich ab (Optimierungsstufe 4).
- Der Einsatz längerer Fasern und das Absenken des Binderanteils machen die Vliesstruktur durchlässiger für Luft, feine Fasern hingegen verdichten die Vliesstruktur (Abb. 16).

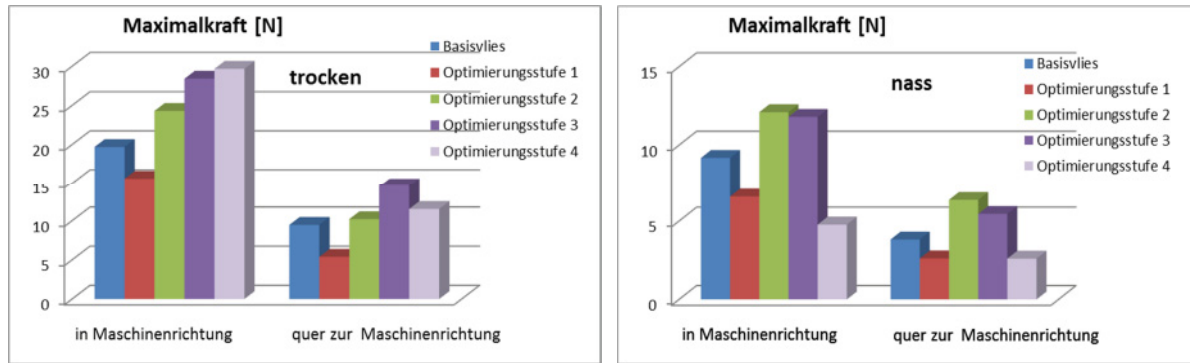


Abb. 12 und 13: Zusammenhang zwischen der richtungsabhängigen Zugfestigkeit der Vliesstoffe (Streifenzugversuch DIN EN ISO 29073-3, FM 60 g/m²) im trockenen und nassen Zustand und der Fasercharakteristik

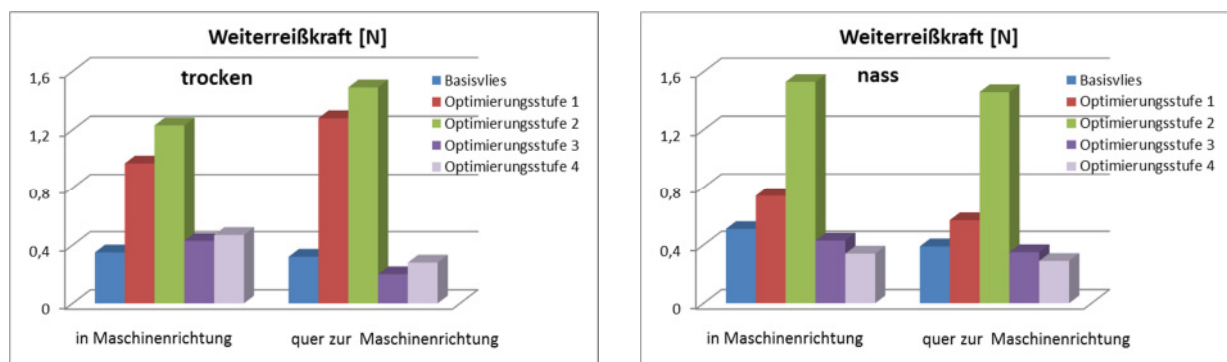


Abb. 14 und 15: Zusammenhang zwischen der richtungsabhängigen Weiterreißfestigkeit der Vliesstoffe (DIN EN ISO 13937-2, FM 60 g/m²) im trockenen und nassen Zustand und der Fasercharakteristik

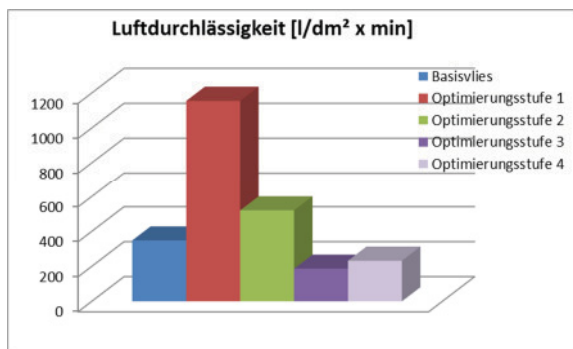


Abb. 16: Zusammenhang zwischen der Luftdurchlässigkeit der Vliesstoffe (DIN EN ISO 9237, FM 60 g/m²) und der Fasercharakteristik

Die gefundenen Ergebnisse wurden genutzt, um die Fragestellung, inwieweit man die Vlieseigenschaften durch die Erhöhung der Flächenmasse und/oder eine gezielte Faserstoffauswahl steuern kann, zu beantworten. Wie aus den Abb. 17 – 20 hervorgeht, kann man die Zugfestigkeit und auch die Weiterreißkraft durch die Erhöhung der Flächenmasse von 65 auf 90 g/m² nur begrenzt verbessern. Hingegen bietet der Einsatz feinerer Fasern oder der hochmoduligen Lyocellfasern die Möglichkeit, die mechanischen Vlieskennwerte deutlich zu verbessern, ohne den Anteil an Verstärkungs- und Bindefasern zu erhöhen. So kann zum Erreichen gleichwertiger Kennwerte durch den Einsatz von feintitrigen Viskosefasern oder Lyocellfasern die Flächenmasse um 20 -30% gesenkt werden.

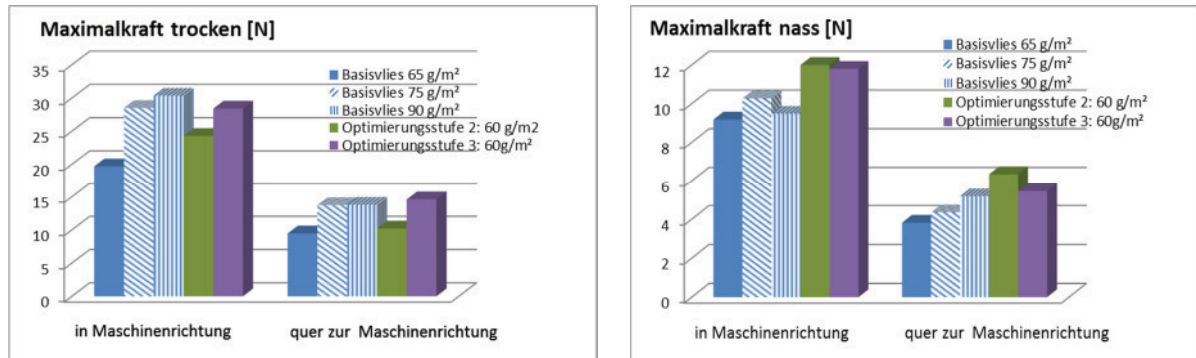


Abb. 17 und 18: Zusammenhang zwischen der richtungsabhängigen Zugfestigkeit der Vliesstoffe (Streifenzugversuch DIN EN ISO 29073-3) im trockenen und nassen Zustand, der Flächenmasse und der Fasercharakteristik

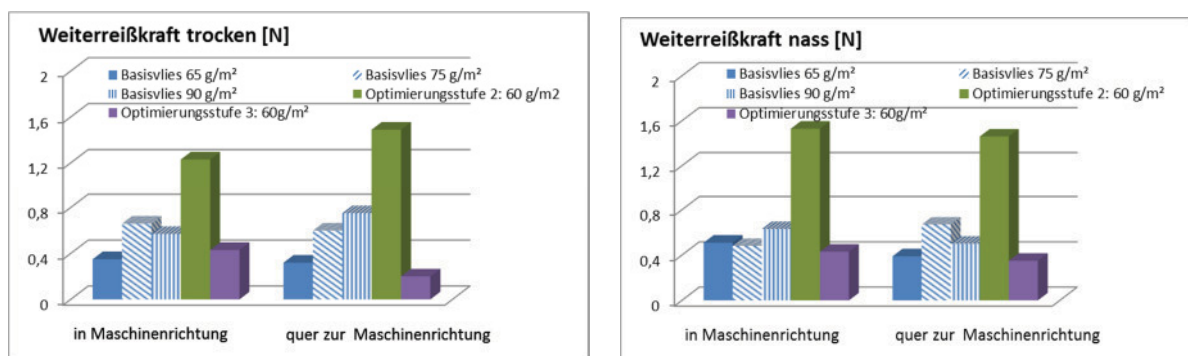


Abb. 19 und 20: Zusammenhang zwischen der richtungsabhängigen Weiterreißfestigkeit der Vliesstoffe (DIN EN ISO 13937-2) im trockenen und nassen Zustand, der Flächenmasse und der Fasercharakteristik

6. Zusammenfassung der erreichten Ergebnisse und Gegenüberstellung mit der Zielstellung

Ziel des Forschungsvorhabens war es, die Ursachen und die Einflussgrößen, die zum Spinning-Effekt bei der Herstellung von Nassvliesstoffen führen, systematisch zu analysieren, die Fehlerbilder im Vlies zu charakterisieren und, unterteilt nach Faserfehlern und Vliesfehlern, zu katalogisieren. Das Ergebnis sollte in einem Leitfaden mit Empfehlungen und Verarbeitungsweisen für den Faser- und Vliesstoffhersteller zusammengestellt werden.

Zu den bedeutenden Einflussgrößen für das Auftreten von Verspinnungen in der Faser / Wassersuspension zählen die Faserparameter Feinheit, Länge, Querschnitt, Steifheit und bei Synthesefasern das Faserfinish. Für die wichtigsten Faserstoffe im Nassverfahren - Viskosefasern als Basisfasermaterial, Polyesterfasern als Verstärkungsfasern und die Bindefasern Polypropylen und Polyester-Bikomponentenfasern, wurde deshalb in Abhängigkeit von den genannten Faserparametern die kritische Faserlänge bestimmt, bis zu der eine fehlerfreie Faserablage auf der Vliesanlage möglich ist. Die Beurteilung der Vliesqualität erfolgte nach einer erarbeiteten Notenskala von Note 1 (fehlerfrei) bis Note 5 (inhomogen mit hoher Anzahl an Stippen, Noppen und Verschlingungen). Die Ergebnisse wurden tabellarisch als Verarbeitungsleitlinien, unterteilt nach den verschiedenen Faserstoffen, zusammengefasst. Gemäß den Vorhabenzielen wurden die auftretenden Fehler im Vlies in einem Fehlerkatalog unterteilt nach Fehlerart, möglicher Fehlerursache, typischem Fehlerbild und Maßnahmen zur Fehlervermeidung zusammengestellt. Aus den Verarbeitungsleitlinien und dem Fehlerkatalog wurde

ein Leitfaden für Faser- und Vlieshersteller erarbeitet. Der Leitfaden ist als Download auf der Internetseite des TITK verfügbar. Die Zielstellungen des Projektes wurden somit erfüllt.

Ausgehend von den gewonnenen Erkenntnissen zu den faserstoffspezifischen Verarbeitungseigenschaften ließ sich zeigen, dass sich die Vlieseigenschaften durch eine bewusste Faserstoffauswahl zielorientiert entwickeln lassen. So können durch den Einsatz von feineren Fasern die Zugfestigkeit der Vliese und dem Einsatz von längeren Fasern die Weiterreißkraft signifikant erhöht werden. Ersetzt man darüber hinaus die Viskosefaser durch eine hochmodulige Lyocellfaser, können sowohl die Zugfestigkeit als auch die Weiterreißkraft der Vliesstoffe weiter verbessert werden. Aufgrund des hohen Nassmoduls der Lyocellfasern zeigen diese Vliese sehr gute Nassfestigkeiten.

Damit steht dem Vliesstoffhersteller gemäß der formulierten Zielstellung ein Entscheidungsinstrument zur anwendungsspezifischen Steuerung funktioneller Vlies- und Produkteigenschaften zur Verfügung. Darüber hinaus liefern die FuE-Ergebnisse Kenntnisse zur wirtschaftlichen Produktoptimierung. Durch die gezielte Auswahl der Faserstoffe ist es möglich, äquivalente Vlieskennwerte mit 20 - 30% geringerem Flächengewicht zu generieren, was eine erhebliche Rohstoffeinsparung bedeutet.

7. Experimentelles

7.1. Verarbeitungsversuche auf der Nassvliesanlage

Allgemeine Verfahrensschritte:

- Lösen der Faserstoffe im Pulper
- Mischen der Faserstoffe in der Stoffbütte
- Vlieslegung auf dem Schrägsieb der Nassvliesanlage
- Trocknung der Vliese im Durchlaufbandtrockner

Verarbeitungsparameter zur Vliesherstellung:

Pulper:

Stoffkonzentration: 0,1 - 0,25%

Zeit: 1 – 7 min

Umdrehungen: 2000 - 2500 U/min

Vliesanlage:

Stoffkonzentration: 0,04 – 0,08%

Stoffpumpe: 25 l/min

Siebband: 2 m/min

Flächenmasse: 25 - 30 g/m²

Die Synthesefasern wurden teilweise mit 10% Zellstoff in der Stoffbütte abgemischt.

7.2. Vliesverfestigung

Die Vliesstoffe zur Kennwertermittlung wurden mit 60 g/m² auf der Nassvliesanlage gefertigt, im Durchlaufbandtrockner bei 140 °C getrocknet und anschließend auf einem 2-Walzen-Kalander bondiert. Um die Einflüsse der verschiedenen Faserstoffcharakteristiken auf die Vlieseigenschaften zu beurteilen, waren die Bondierparameter feststehend:

Walzentemperatur: 120 °C
Walzendruck: 6 daN
Walzengeschwindigkeit: 1 m/min

7.3. Faser- und Vliesprüfung

Die verschiedenen Faserstoffe wurden durch folgende Faserprüfungen charakterisiert:

- Faserfeinheit: DIN EN ISO 1973 (Schwingungsverfahren)
- Reißkraft/Dehnung: DIN EN ISO 5079
- E-Modul wurde bei 0,5-0,7% Dehnung bestimmt

Die Kennwertermittlung der Vliesstoffe erfolgte nach einschlägigen Normen:

- Zugprüfung: Streifenzugversuch DIN EN ISO 29073-3
- Weiterreißversuch: DIN EN ISO 13937-2
- Luftdurchlässigkeit: DIN EN 9237
- Flächenmasse: DIN EN 29073-1

Zur Bestimmung der richtungsabhängigen Eigenschaften wurden die Vliesstreifen in Maschinenrichtung und quer zur Maschinenrichtung aus der Vliesbahn entnommen. Zur Befeuchtung der Vliesstoffe wurden diese bis zur völligen Imprägnierung in ein Wasserbad eingelegt.

8. Wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsvorhabens für kleine und mittlere Unternehmen

8.1. Nutzen der Ergebnisse für kleine und mittlere Unternehmen

Die Forschungsergebnisse können grundsätzlich für verschiedene Fachbereiche und Wirtschaftszweige von Bedeutung sein. Nutzungsmöglichkeiten werden gesehen in den Fachbereichen Werkstoffe, Materialien, Chemie, Verfahrenstechnik und Produktion sowie in den Wirtschaftszweigen Textil- und Bekleidungsgewerbe, Papiergewerbe und technische Textilien.

8.2. Möglicher Beitrag zur Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der KMU

Die Projektergebnisse liefern wichtige branchenübergreifende Zusammenhänge zu den Faserseigenschaften, den Prozessparametern bei der Vliesherstellung, den resultierenden Vliesseigenschaften und der Qualität. Die Beschreibung dieser Zusammenhänge führt nicht nur zu einem besseren Verständnis der Abhängigkeiten in den beteiligten Unternehmen der Prozesskette, beginnend vom Faserproduzenten über den Hersteller der Kurzschnitte bis hin zum Vliesproduzenten, sondern ermöglicht auch eine zielgerichtete Verbesserung der Prozessfähigkeit bei der Verarbeitung von Verstärkungs- und Funktionsfasern bei der Herstellung nassgelegter Vliesstoffe. Damit kann die Qualität der Nassvliesstoffe dauerhaft sichergestellt werden, was für anspruchsvolle technische Vliesstoffe wie z. B. Filtervliesstoffe, ein herausragendes Merkmal im internationalen Wettbewerb darstellt.

Ein aktuelles Beispiel für die stetig wachsenden Qualitätsanforderungen an Filtervliesstoffe sind Luftfiltersysteme für die Automobilindustrie. Zeitgemäße Partikelfilter zur Luftreinigung im Automobil sind hochentwickelte Produkte, die konstruktionsbedingt gefaltet sind, um eine große Oberfläche auf möglichst kleinen Bauraum im Luftfilterelement umzusetzen. Sie sind

gekennzeichnet durch extrem hohe Abscheidegrade an Feinstpartikeln (Abscheidegrad größer 95% gegenüber Partikelgrößen $> 1\text{ }\mu\text{m}$ und größer 80% bei Partikelgrößen $0,4\text{ }\mu\text{m}$), eine um 50-fach höhere Staubspeicherkapazität im Vergleich zu herkömmlichen Cellulosefilterpapieren (Staubspeicherkapazität $> 25\text{ g/m}^2$) und deutlich geringe Durchflusswiderstände (Luftdurchlässigkeit $> 800\text{ l/m}^2\text{s}$). Eingesetzt werden Vliesstoffe sowohl aus Cellulose als auch aus synthetischen Faserstoffen.

Die Analyse der Filtermedien nach der genutzten Herstellungstechnologie zeigt, dass für Anwendungen im Automobil überwiegend Nassvliesstoffe eingesetzt werden, in denen der Celluloseanteil mit größer 90% dominiert. In nichtautomobilen Anwendungen haben auch trocken gelegte Vliese und Meltblown-Vliesstoffe Bedeutung erlangt. Elektrosponnen hat bisher nur einen unbedeutenden Anteil erreicht [Abb. 21]. Bezogen auf die Vliesstoffproduktion insgesamt besaßen Nassvliesstoffe in 2010 laut EDANA-Statistik in Europa einen Anteil von ca. 6,5% (auf die Masse bezogen) [29].

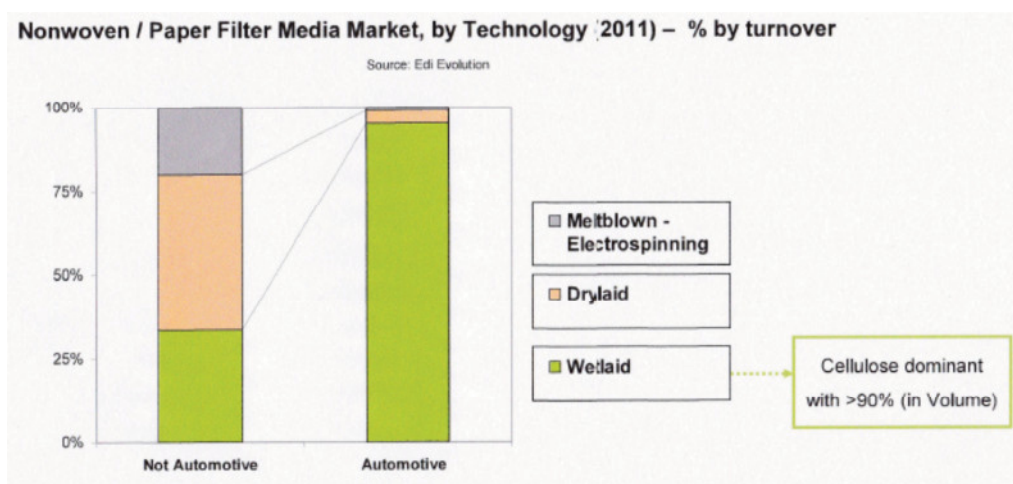


Abb. 21: Anteil nassgelegter Vliesstoffe bei der Herstellung von Filterpapieren [28]

Um die hohen Anforderungen an die Filterleistung zu erfüllen, geht der Trend weg von reinen Cellulosepapieren hin zu synthetischen Nassvliesstoffen, in denen möglichst feine Fasern verarbeitet werden, um die notwendigen Porengrößen zum Erreichen der hohen Abscheidegrade zu erzielen. Hier können die Projektergebnisse von den KMUs genutzt werden, um neue, leistungsfähigere Filtermaterialien zu entwickeln.

Bei Zugrundelegung einer Filterfläche von $1,25\text{ m}^2$ pro Filterelement wurden allein für Motorzuluftfilter in Deutschland für die 3,4 Mio. Neuzulassungen im Jahr 2012 [30] $4,25\text{ Mio. m}^2$ Filtervliesstoff benötigt. Geht man von einer Staubaufnahmekapazität von 200 g aus, beträgt die Nutzungszeit für den Motorzuluftfilter ca. 60.000 km , so dass auch bei dem bestehenden Fahrzeugbestand ein großes Potenzial an Ersatzfiltern existiert. Darüber hinaus ist auch in Nutzfahrzeugen mit einem erhöhten Bedarf an effizienten Filtervliesen zu rechnen. Damit steht hinter den Projektergebnissen ein entsprechend großes Marktvolumen.

Es wird aber auch ein branchenübergreifender Nutzen in Unternehmen der Papierindustrie erwartet. Aufgrund sehr gleichartiger Prozessstufen von Nassvlies- und Papierproduktion gibt es einen nahezu fließenden Übergang zwischen beiden Verfahren. Hersteller von Nassvliesstoffen sind oftmals gleichzeitig auch Produzenten von Spezialpapieren und vereinen beide Produktionslinien unter einem Dach. Auch bei der Herstellung von Spezialpapieren wie beispielsweise Tissue Papieren, Dichtungspapieren und Papieren für die Filtration ist der

Einsatz von langen Synthese- und Funktionsfasern erforderlich, um die besonderen Eigenschaften der Endprodukte zu garantieren, so dass die Projektergebnisse auch von der Papierindustrie genutzt werden können, um die Produktionsprozesse effektiver zu gestalten und die Produkteigenschaften weiter zu optimieren.

Von deutschen Papierfabriken wurden im Jahr 2012 ca. 1.5 Mio. t technische Spezialpapiere hergestellt, die zu 61% im Inland abgesetzt wurden [31]. Dies entspricht ca. 17% (2,5 Mio. €) des Gesamtabsatzes der deutschen Papierindustrie mit einem Umsatzvolumen von 14,7 Mio. €.

Nur über den technologischen Vorsprung können Standortnachteile wie z. B. hohe Produktions- und Lohnkosten kompensiert werden. Den KMUs fehlen aber oft die Kapazitäten und die Mittel, um erforderliche Forschungsarbeiten eigenständig zu bearbeiten und zu lösen. Mit den Ergebnissen dieses Forschungsvorhabens werden die klein- und mittelständigen Nassvlieshersteller in die Lage versetzt, eine gezielte Produktoptimierung durchzuführen und innovative Produkte am Markt anzubieten. Der aus den Projektergebnissen abzuleitende effiziente Fasereinsatz führt zu gleichwertigen Vlieseigenschaften mit geringerem Flächengehalt und damit zu Ersparnissen beim Rohstoffeinsatz in den produzierenden Unternehmen.

Als potenzielle Anwender werden sowohl Hersteller von Cellulose- und Synthesefasern einschließlich der Hersteller von Spezial- und Funktionsfasern als auch Faserkurzschnittproduzenten und Vliesstoffhersteller gesehen. Im Projektbegleitenden Ausschuss haben deshalb die Trevira GmbH als Hersteller von Polyester- und Bindefasern, die Advansa GmbH als Hersteller von Polyesterfasern sowie die Kelheim Fibres GmbH als Hersteller von Cellulosefasern mitgewirkt. Aber auch Hersteller von Faserkurzschnitten (Flock & Faser GmbH), Anlagenbauer (Pill-Nassvliesstechnik GmbH) und Nassvlieshersteller, wie z. B. die Royalin GmbH, haben sich mit Sach- und Dienstleistungen ins Projekt eingebracht. Bei diesen Firmen handelt es sich mit Ausnahme der Faserhersteller um KMU.

9. Fortgeschriebener Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft

Bereits während der Projektbearbeitung wurden Maßnahmen zum Transfer der Projektergebnisse und zur Vorbereitung einer Umsetzung in Unternehmen ergriffen, die nachfolgend tabellarisch dargestellt sind:

Maßnahme	Ziel	Zeitraum
Beratung des projektbegleitenden Ausschusses	Fortschrittsberichte, Diskussionen, Festlegungen, Abstimmung zu den Forschungsarbeiten	3 mal innerhalb der Projektlaufzeit
Übergabe von Kurzberichten bereits während der Projektbearbeitung an die Unternehmen des PA	frühzeitige Einbindung potenzieller Transferpartner	3 mal während der Projektlaufzeit
in allen Berichtsdokumenten besondere Hinweise für die praktische Nutzung	Förderung der Adaptionskompetenz der KMU	Zwischenbericht Abschlussbericht
Information zum Ergebnisstand auf den Sitzungen der Industrievereinigung Chemiefaser e. V.	Information der Mitgliedsunternehmen der Industrievereinigung Chemiefaser e. V.	IVC F&E Sitzung Herbst 2013

Nach Projektende wird durch folgende Maßnahmen der Ergebnistransfer fortgesetzt und die Nutzung der Projektergebnisse realisiert:

Maßnahme	Ziel	Zeitraum
Erstellen des Abschlussberichtes	Zusammenstellung der Forschungsergebnisse in Schriftform und auf elektronischem Datenträger und Weitergabe an interessierte Unternehmen	Februar 2014
Internet-Webseite des TITK	Zusammenfassende Kurzdarstellung der Ergebnisse	Februar 2014
Weitergabe des Schlussberichtes an TIB Hannover	Zugang zu den Ergebnissen über öffentliche Datenbank	März 2014
Erarbeitung des Leitfadens „Verarbeitungshinweise für den Einsatz von Cellulose- und Synthesefasern im Nassvliesverfahren“ und Veröffentlichung als pdf-Download auf der Internet-Webseite des TITK	Verbreitung des Leitfadens an interessierte Unternehmen	Februar 2014
Erstellen und Verteilen von Flyern und Empfehlungen für potentielle Nutzer	Ergebnistransfer in die Wirtschaft, Darstellung der Nutzung	Februar 2014
Präsentation der Ergebnisse auf den Sitzungen der Industrievereinigung Chemiefaser e. V.	Information der Mitgliedsunternehmen der Industrievereinigung Chemiefaser e. V.	turnusmäßige Sitzungen des IVC
Vorstellen der Ergebnisse im Rahmen von Vorträgen bei branchenspezifischen Fachtagungen, bei Tagungen des wissenschaftlichen Beirates und bei den wissenschaftlichen Kolloquien des TITK	gezielte Informationen an potenziell interessierte Unternehmen auch außerhalb des PA	- Sitzung des wiss. Beirates 2014 - Hofer Vliesstofftage 11/2014 Hof
Präsentation der Forschungsergebnisse auf Messen am Stand des TITK	Erreichung eines breiten Fachpublikums	- begleitende Ausstellung zu den Hofer Vliesstofftagen 11/2014 Hof - Textextil 05/2015 Frankfurt
wissenschaftliche Publikationen in Fachzeitschriften der Vliesstoff- und Textilindustrie, wie „Allgemeiner Vliesstoff-Report“ oder „Technische Textilien“	Sicherstellung von Transparenz und Zugang zu den Forschungsergebnissen, Verbreitung der FuE-Ergebnisse	Februar 2014 - September 2014

10. Notwendigkeit und Angemessenheit der Anschaffung von Geräten und des eingesetzten Materials

Für die Gewinnung praxistauglicher Ergebnisse war es erforderlich, die beim Antragsteller vorhandene Labor-Nassvliesanlage durch den Einbau eines neuen Rundverteilersystems zu

modernisieren und durch einen Labor-Pulper zu erweitern. Dazu wurden entsprechende Mittel im Finanzierungsplan eingestellt.

Zur Herstellung der Fasersuspension müssen die Rohstoffkomponenten (Zellstoff, Faserstoffe) im wässrigen Medium in Einzelfasern zerlegt werden, bevor diese im Stoffbehälter (Tank) der Nassvliesanlage mit weiteren Rohstoffkomponenten vermischt und zum Stoffauflauf der Vliesanlage transportiert werden.

Harte Zellstoffplatten und schwer zu öffnender Faserkurzschnitt wurden vor dem Umbau beim Antragsteller im Scherfeld eines Ultra-Turrax-Rührers in Einzelfasern zerlegt. Die Zerkleinerung mit Hilfe des Ultra-Turrax-Rührers ist nur mit sehr kleinen Fasermengen (1-2 g) möglich, so dass für größere Fasermengen die Prozedur entsprechend oft wiederholt werden muss. Dies hätte nicht nur einen sehr hohen Zeitaufwand bei der Durchführung der Vielzahl an geplanten Versuchen bedeutet, sondern hätte sich auch nachteilig auf die Reproduzierbarkeit der Faseraufbereitung ausgewirkt. Zu hohe Turbulenzen im Scherfeld des Ultra-Turrax-Rührers oder Ablagerungen von Fasern am Rührer hätten zudem fälschlicherweise zu Verspinnungen führen können. Der Einsatz eines Ultra-Turrax-Rührers zum Zwecke der Zerkleinerung bei der Faseraufbereitung für die Nassvliesherstellung ist deshalb in der Industrie nicht üblich und hätte keine praxisnahen Ergebnisse geliefert. Bei der großtechnischen Nassvliesproduktion werden Stofflöser (auch Pulper genannt) eingesetzt. Pulper sind Mischbehälter, die als Aufschlagelement horizontal oder vertikal arbeitende Rotorwellen besitzen. Durch ein gelochtes Siebblech am Behälterboden wird der aufgeschlagene Faserstoff dem folgenden Aggregat der Vliesanlage zugeführt.

Der im Rahmen des Projektes angeschaffte Labor-Pulper arbeitet nach dem gleichen Prinzip wie die Industrie-Pulper. Durch wählbare Drehzahlen für die Rotorwelle können den Erfordernissen angepasste Turbulenzen erzeugt werden. Mit einem Nutzungsvolumen von ca. 35 Litern und einer üblichen Faserstoff-Konsistenz von 3-8% war es möglich, mit einem Ansatz die für einen Vliesbildungsversuch auf der Labor-Nassvliesanlage notwendige Faserstoffmenge aufzuschlagen, wodurch eine gute Reproduzierbarkeit der Versuchsbedingungen gegeben war.

Eine weitere dringend erforderliche Maßnahme war der Einbau eines neuen Rundverteilersystems. Der an der Labor-Vliesanlage vorhandene Stoffauflauf entsprach nicht mehr dem Stand der Technik und war damit nicht geeignet, in die Praxis überführbare Ergebnisse zu eruieren. Mit dem neu eingebauten Rundverteilersystem wurde eine bessere Durchmischung und Entlüftung der Fasersuspension, eine wirbelfreie Anströmung zum Stoffauflauf und eine gleichmäßige Faserablage auf dem Siebband sichergestellt. Diese Anforderungen sind zwingend notwendig, um eine Verwirbelung und damit die Gefahr von Verspinnungen der Fasern während des Transportes vom Stoffbehälter zum Schrägsieb der Vliesanlage zu vermeiden.

Die beim Antragsteller vorhandene Labor-Nassvliesanlage wurde 1997 von der Firma Pill Nassvliestechnik GmbH errichtet. Die im Rahmen des Projektes durchgeführte Umrüstung wurde ebenfalls von der Pill Nassvliestechnik GmbH durchgeführt. Zur Unterstützung der Projektarbeiten wurden 20% der Umbaukosten als Sachleistungen der Wirtschaft durch die Pill Nassvliestechnik GmbH bereitgestellt.

Eine weitere Investition betraf den Bau einer Zwangsführung an der Faserschneide. Im Rahmen des Projektes sollte der Mechanismus des Spinning-Effektes von langen Fasern im Prozess der Nassvliesherstellung untersucht werden. Eine wichtige Einflussgröße auf den Spinning-Effekt ist die Faserlänge und die Schnittqualität. Fehlerhaft geschnittene Faserstoffe enthalten Fasern, deren Länge die eigentliche Schnittlänge mehrfach übersteigen kann. Das Ergebnis ist eine ungleichmäßige Vliesstruktur mit sichtbaren Knoten und Verspinnungen. Für einen exakten Faserschnitt ist eine Zwangsführung des Faserkabels bis zum Schneidwerkzeug erforderlich. Dies war mit der vorhandenen Faserschneide G 28L der Fa. Pieret nicht möglich, weil das Faserkabel zwischen Vorschubwalze und Schneidwerkzeug nicht fixiert wird, so dass das Kabel schräg ins Schneidwerk einlaufen kann. Bei den im Projekt vorgesehenen Schnittlängen von wenigen Millimetern (2 bis 30 mm), hätte dies eine nicht akzeptable Schwankungsbreite bzw. Toleranz bedeutet. Aus diesem Grund wurde an der vorhandenen Faserschneide G28L durch die Fa. MWS Schneidwerkzeuge GmbH & Co, KG, Schmalkalden eine Zwangsführung für das Faserkabel installiert.

Die Projektergebnisse wurden innerhalb des vorgegebenen Zeitraumes von zwei Jahren erarbeitet. Die Finanzmittel für Personalausgaben wurden in beantragter Höhe verbraucht. Das zur Bearbeitung des Forschungsvorhabens eingesetzte wissenschaftliche Personal war angemessen und notwendig. Bei der Bearbeitung des Projektes wurde wirtschaftlich und sparsam verfahren.

11. Danksagung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 17354 BR der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstraße 12-14, 10117 Berlin wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Rudolstadt, den 28.02.2014

Ort, Datum

Thüringisches Institut für
Textil- und Kunststoff-
Forschung e.V.
Breitengasse 97
07407 Rudolstadt-Schwarza

Leiter der Forschungsstelle

C. Knebel

Projektleiter

12. Literaturverzeichnis

- [1] Firmenschrift ANDRITZ Küsters: Wet-laid Nonwoven Technology, Krefeld 2011
- [2] Pill H.: Herstellung von Vliesstoffen nach dem Nassverfahren, Taschenbauch für die Textilindustrie, Schiele & Schön, Berlin 1998
- [3] Scholz B.: Nassvliesherstellung auf dem Hydroformer, Spezialmaschinensymposium, München 1989
- [4] www.pill-nassvliestechnik.de
- [5] www.kuesters.com
- [6] www.voith.com
- [7] Salomon M., Hagebaum HJ., Wandel M.: Synthesefasern für die Herstellung von Vliesstoffen auf nassem Wege, Chemfasern Text. Ind. 24(19974), S 639 ff
- [8] Genschow K.: Polyester- und Polyamid 6-Trägerfasern für Nassvliesstoffe und Spezialpapiere, Chemiefasern/Textilindustrie 44/96 (1994), S.143 ff
- [9] Patent US 5209823
- [10] Patent JP 2004238764
- [11] Patent JP 2206077379
- [12] Hansmann J.: Glas und Glasfaservliese, Text. Praxis 25 (1979)
- [13] Faserstoff- Tabellen nach P.-A. Koch
- [14] Bender K., Bundi C.: Neue Fasern für Nassvliesanwendungen, Technische Textilien 1(2008), S. 17 ff
- [15] www.engr.utk.edu/mse/textiles/wetlaisonwoven.htm
- [16] Albrecht W., Fuchs H., Kittelmann W.: Vliesstoffe: Rohstoffe, Herstellung, Anwendung, Eigenschaften, Prüfung; Wiley-VCH-Verlag, Weinheim 2000, S. 235 ff
- [17] Keith M.: Disperion of syntheic fibers in wet-laid nonwovens; Tappi Journal, Vol. 77, June 1994
- [18] Kinn L., Mate Z.: Fiber length – fiber surface area relationships in wet-laid polyester nonwoven; Intern. Nonwoven Technological conference, June 2-5, 1986, Philadelphia
- [19] Jirak O., Wadsworth L. C.: Nonwoven Textiles, Carolina Academic Press 1999
- [20] Patent DE 2606953 A1
- [21] Reumann R.-D., Prüfverfahren in der Textil- und Bekleidungstechnik, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York 2000
- [22] Faserstoff-Tabellen nach P.-A. Koch
- [23] K.P. Mieck, R. Lützkendorf, T. Reußmann, A. Nechwatal, M. Eilers, D. Biehl
Lyocell-faserverstärkte Kunststoff-Verbunde – Entwicklungsstand und Einsatzchancen
Technische Textilien 45,86-89(2002)
- [24] K.P. Mieck, T. Reußmann, A. Nechwatal
Natural and Man-Made Cellulosic Fiber-Reinforced Composites
in: ed. S. Fakirov, D. Bhattacharyya “Handbook of Engineering Biopolymers – Homopolymers, Blends and Composites” S. 237–309, Hanser Publishers Munich 2007
- [25] Roggenstein W.: Viskosefasern mit neuen funktionellen Eigenschaften; Techn. Textilien 4(2010) S. 134ff
- [26] Bernt J.: Tuning of mechanical properties of wet-laid nonwovens and paper for through the use of tailor made viscose-fibers; 49. Chemiefasertagung Dornbirn, 15.-17. Sep. 2010
- [27] Fuchs H., Albrecht W.: Vliesstoffe: Rohstoffe, Herstellung, Anwendung, Eigenschaften, Prüfung; 2. Auflage, Wiley-VCH-Verlag, Weinheim 2012, S. 229 ff
- [28] Marco Gallo
Microfibrillated fibers for advanced filter media
52. Chemiefaser-Tagung Dornbirn, 11.-13. September 2013
- [29] avr spezial 6(2011), S. 17 – 20
- [30] www.vda.de
- [31] www.vdp-online.de